UNIVERSITE de PARIS — FACULTE de MEDECINE

Année 1954

N° 595

LANE MEDICAL LIBRARY
SAN FRANCISCO

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Raymonde, Simone CHARDAVOINE
Née le 11 Juillet 1928 à TUNIS (Tunisie)

Présentée et soutenue publiquement le

Etude clinique et électrocardiographique du test de Flack
Essai d'interprétation de sa physiologie

Président de Thèse : Monsieur CHAILLEY-BERT, Professeur

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

Nom du candidat: CHARDAVOINE

Prénoms: Raymonde, Simone

(éventuellement):
Nom de jeune fille:

Date de la soutenance;

Numéro d'ordre:

1

CHARDAVOINE (Raymonde - Simone).- Etude clinique et électro-cardiographique du test de Flack - Essai d'interprétation de sa physiologie - Paris, Ed. Privé, 1954, in-4°, 59 p. 5 pl. (Th. méd. (Et.) Paris 1954 N°

2

CHARDAVOINE (Raymonde, Simone).- Etude clinique et électro-cardiographique du test de Flack - Essai d'interprétation de sa physiologie - Paris, Ed. Privé, 1954, in-4°, 59 p. 5 pl. (Th. méd. (Et.) Paris 1954 N°

3

CHARDAVOINE (Raymonde - Simone).- Etude clinique et électro-cardiographique du test de Flack - Essai d'interprétation de sa physiologie - Paris, Ed. Privé, 1954, in-4°, 59 p. 5 pl. (Th. méd. (Et.) Paris 1954 N°

4

CHARDAVOINE (Raymonde - Simone).- Etude clinique et électro-cardiographique du test de Flack - Essai d'interprétation de sa physiologie - Paris, Ed. Privé, 1954 in-4°, 59 p. 5 pl. (Th. méd. (Et.) Paris 1954 N°

UNIVERSITE de PARIS - FACULTE de MEDECINE

Année 1954 N°

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Raymonde, Simone CHARDAVOINE
Née le 11 Juillet 1928 à TUNIS (Tunisie)

Présentée et soutenue publiquement le

Etude clinique et électrocardiographique du test de Flack
Essai d'interprétation de sa physiologie

Président de Thèse : Monsieur CHAILLEY - BERT, Professeur

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153503_0023

/1.10.53/

DOYEN HONORAIRE :

M. BAUDOUIN

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. BAUDOUIN, BRINDEAU, CADENAT, CARNOT, CHABROL, CHEVASSU, CHIRAY, CLERC, DELBET, GOUGEROT (H.), GUILLAIN, HARVIER, LAUBRY, LEMAITRE, LEMIERRE, LHERMITTE, LIAN, LOEPER, MARION, MATHIEU, MOCQUOT, MULON, OLIVIER (E.), OMBREDANNE, SANNIE, SEZARY, TENON.

DOYEN ..... Léon BINET
Membre de l'Institut

ASSESSEUR ..... Jean VERNE

I.- PROFESSEURS

		MM.
Anatomie		CORDIER (G.)
Anatomie pathologique		DELARUE (A.)
Bactériologie		GASTINEL (P.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports		CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale		VERNE (J.)
Cancérologie médicale et sociale		HUGUENIN (R.)
Carcinologie		OBERLING (C.)
Chimie médicale		POLONOVSKI (M.)
Cliniques chirurgicales	(Hôtel-Dieu	BROCQ (P.)
	(Broussais	DE GAUDART-D'ALLAINES (F.)
	(Salpêtrière	MONDOR (H.)
	(Cochin	QUENU (J.)
Clinique chirurgicale réparatrice et orthopédique		MERLE D'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de cardiologie		DONZELOT (E.)
Clinique de chirurgie infantile et d'orthopédie		FEVRE (M.)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire		MONOD (R.)
Clinique de la tuberculose		BERNARD (E.)
Clinique de neuro-chirurgie		PETIT-DUTAILLIS (D.)
Clinique de puériculture		LELONG (M.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		DEGOS (R.)
Clinique des maladies du sang		CHEVALLIER (P.)
Clinique des maladies du système nerveux		ALAJOUANINE (T.)
Clinique des maladies des enfants		DEBRE (R.)
Clinique des maladies infectieuses		MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale		DELAY (J.)
Clinique du diabète sucré et des maladies de la nutrition		BOULIN (R.)
Clinique gynécologique		FUNCK-BRENTANO (P.)
Cliniques médicales	(Hôtel-Dieu	BENARD (H.)
	(Bichat	LAROCHE (G.)
	(Cochin	MOREAU (R.)
	(Broussais	DE GENNES (L.)

	MM.
Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Clinique médicale propédeutique	PASTEUR VALLERY-RADOT (L.)
Cliniques obstétricales .. (Tarnier	LANTUEJOUL (P.)
(Baudelocque	LEVY-SOLAL (E.)
(Port-Royal	LACOMME (M.)
Clinique ophtalmologique	VELTER (E.)
Clinique oto-rhino-laryngologique	AUBIN (A.)
Clinique physio-pathologique des problèmes alimentaires (chaire à titre personnel)	RICHET (C.)
Clinique psychiatrique infantile	HEUYER (C.)
Clinique rhumatologique et sociale	COSTE (F.)
Clinique stomatologique	DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale	SENEQUE (J.)
Clinique thérapeutique médicale	LEMAIRE (A.)
Clinique urologique	FEY (B.)
Embryologie	GIROUD (A.)
Génétique	LAMY (M.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MOUQUIN (M.)
Histologie	CHAMPY (C.)
Hygiène et clinique de la première enfance	CATHALA (J.)
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (C.)
Médecine du travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	PIEDELIEVRE (R.)
Parasitologie et histoire naturelle médicale	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	N...
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	LENEGRE (J.)
Pathologie médicale	BARIETY (M.)
Pathologie et thérapeutique générales	N...
Pharmacologie et matière médicale	HAZARD (R.)
Physico-chimie médicale (chaire à titre personnel)	DOGNON (A.)
Physiologie	BINET (L.)
Physique médicale	STROHL (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale	MOULONGUET (P.)
Thérapeutique	TURPIN (R.)

II.- PROFESSEURS SANS CHAIRE
MAITRES DE CONFERENCES-AGRÉGÉS et AGRÉGÉS

	MM.
Anatomie	(DEBEYRE (J.) (DELMAS (A.)
Anatomie pathologique	(N... (GAUTHIER-VILLARS (Melle P.) Pr.s.ch. (BUSSER (F.) (GOUYGOU (C.)
Bactériologie	(FASQUELLE (R.) (NEVOT (A.)
Biologie médicale	(BOURLIERE (F.)
Chimie médicale	(ETTORI (J.) Pr.s.ch. (JAYLE (M.F) Pr.s.ch. (SCHAPIRA (G.)

	MM.
Dermato-Syphiligraphie .	DUPERRAT (F.)
Histologie	BULLIARD (H.) Pr.s.c COUJARD (R.) N...
Hydrologie	DEBRAY (C.)
Hygiène	BOYER (J.) DEPARIS (M.)
Médecine légale et du travail ..	DEROBERT (L.) GAULTIER (M.) HADENGUE (A.)
Neurochirurgie ...	DAVID (M.)
Neurologie	SEZE (S.de)
Obstétrique	GRASSET (J.) LEPAGE (F.) MAYER (M.) MERGER (R.) MORIN (P.) RAVINA (J.) VARANGOT (J.)
Ophtalmologie	OFFRET (G.) DESVIGNES (P.)
Orthopédie	JUDET (R.)
Oto-rhino-laryngologie ...	HALPHEN (E.) Pr.s.ch AUBRY (M.) MADURO (R.)
Parasitologie	BRUMPT (L.) CHABAUD (A.)
Pathologie chirurgicale ...	ABOULKER (P.) BAUMANN (J.) GOSSET (J.) HUGUIER (J.) LAURENCE (G.) LEGER (L.) LORTAT-JACOB (J.) OLIVIER (Cl.) PADOVANI (P.) POILLEUX (M.) ROUX (M.) RUDLER (J.-C.) VERNE (J.-M.)

	MM.
Pathologie expérimentale ..	MERKLEN (P.)
Pathologie médicale	BERNARD (J.) BOUDIN (G.) CASTAIGNE (P.) CONTE (M.) DECOURT (J.) DOMART (A.) DREYFUS (Gilbert) FAUVERT (R.) HAMBURGER (J.) KOURILSKI (R.) LAMOTTE (M.) LAROCHE (C.) MILLIEZ (P.) PEQUIGNOT (H.) PERRAULT (M.) RAMBERT (P.) THIEFFRY (St.) TURIAF (J.)
Pédiatrie	JOSEPH (R.) LAPLANE (R.) MARIE (J.)
Pharmacologie	LEVY (Mlle J.) Pr.s.ch. CHEYMOL (J.H.) Pr.s.ch.
Physiologie	BARGETON (D.) Pr.s.ch. PARROT (J.L.)
Physique médicale.	DJOURNO (A.) Pr.s.ch. GOUGEROT (L.)
Pneumo-Phtisiologie ...	KREIS (B.)
Psychiatrie	BARUK (H.)
Psychiatrie infantile	MICHAUX (L.)
Stomatologie	CERNEA (P.) CHAPUT (Mme A.)
Thérapeutique	PERRAULT (chargé de l'enseignement)
Urologie	KUSS (R.)

A Monsieur le Professeur CHAILLEY-BERT

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris
Directeur de l'Institut d'Education Physique
Officier de la Légion d'Honneur
Médaillé de la Résistance

qui me fait l'honneur de présider cette thèse après m'avoir autorisée à travailler dans son laboratoire.
Qu'il me permette de l'assurer de ma profonde reconnaissance

A Monsieur le Docteur PLAS

Assistant des Hôpitaux de Paris
Ancien Chef de Clinique Médicale
Ancien Interne des Hôpitaux de Paris
Consultant de cardiologie au centre d'examen médical du personnel navigant de Paris

Vous m'avez guidée et conseillée tout au long de mes études médicales.
Et c'est grâce à vous que je puis les achever : non seulement vous m'avez inspiré ma thèse, mais vous m'avez largement fait profiter de votre expérience et de vos travaux.
Je ne sais comment vous exprimer ma gratitude.

A mes Maîtres d'Externat

Monsieur le Docteur OBERLIN

Monsieur le Professeur CHABROL

Monsieur le Docteur CELICE

Monsieur le Professeur Agrégé Jean BERNARD

Monsieur le Docteur GRENET

Monsieur le Docteur BOLGERT

Monsieur le Professeur Agrégé LEPAGE

Monsieur le Docteur PERON

Monsieur le Docteur SIGUIER

INTRODUCTION

Proposé par Martin FLACK en 1919, le Test de FLACK ou Endurance-Test, ainsi que son auteur l'avait lui-même appelé, est actuellement de plus en plus utilisé.

En effet, le rôle de la Médecine n'est plus cantonné à sa partie purement curative. La médecine sociale préventive prend une place chaque jour plus importante, et tout particulièrement la détermination de "l'aptitude" des sujets.

Or, c'est de l'état de l'appareil cardio-respiratoire que dépendent avant tout les possibilités d'effort d'un sujet. Et la nécessité de connaître ces possibilités a conduit à imaginer et à utiliser un ensemble de tests ou "épreuves d'effort".

Toutes les épreuves proposés jusqu'ici reposent sur le même principe : faire accomplir, dans des conditions déterminées, un effort déterminé. Etablir, avant, pendant et après l'épreuve, un bilan cardio-vasculaire.

On peut ainsi calculer l'ampleur des variations obtenues et le temps du retour à la normale.

Pour que ces épreuves soient facilement

utilisables et qu'elles amènent à des conclusions fertiles, il faut qu'elles soient parfaitement codifiées. On peut alors obtenir une réponse moyenne des sujets considérés comme normaux. Il ne reste plus qu'à comparer les résultats du sujet examiné à cette moyenne, après les avoir comparés à son bilan cardiaque au repos. On sait alors, à peu près, à quoi s'en tenir sur son état cardio-respiratoire.

Et le génie de Martin FLACK a tenu précisément dans le fait qu'il a su codifier, de façon très simple, à l'aide d'un appareil non moins simple, une épreuve que VALSALVA avait inventée dès 1794, d'ailleurs dans un tout autre but.

Ainsi codifié, le Test de FLACK fait actuellement partie de la batterie de tests d'exploration cardiaque fonctionnelle employée de façon systématique parmi le personnel navigant de l'aviation, les sportifs, et même à l'armée. Il peut également apporter un complément utile à l'étude clinique habituelle des broncho-pulmonaires chroniques ou des cardiaques, permettant d'apprécier leurs possibilités d'adaptation à une vie plus ou moins normale.

HISTORIQUE

Le Test de FLACK ou Endurance-Test fut imaginé et décrit par Martin FLACK en 1919 dans un article du Lancet sous le nom de "40 mm de mercure - Apnée-test".

Il en propose l'utilisation, en même temps que celle d'autres tests, afin d'apprécier l'aptitude au vol et de dépister précocement le fléchissement de l'état général des aviateurs.

Parmi les épreuves proposées par FLACK figurent :

- la mesure de la capacité vitale
- le temps d'apnée en inspiration forcée
- les "U - tubes tests" comportant :
    1) le test d'hyperpression respiratoire maxima défini par le maximum de hauteur auquel le sujet peut faire monter la colonne de mercure contenue dans le tube en U
    2) les 40 mm de mercure-apnée-test, dénommé par FLACK "Endurance-test" en 1922, défini par le temps pendant lequel le sujet, en expiration forcée, peut maintenir une dénivellation de 40 mm sur la colonne de mercure.

FLACK conseille de prendre le pouls de 5 en 5 secondes au cours de l'épreuve.

Il estime qu'un sujet normal doit pouvoir maintenir cette dénivellation de 40 millimètres pendant un temps minimum de 52 secondes.

- En I936, une publication du Ministère de l'Air Britannique enjoint la pratique du Test de FLACK lors des examens médicaux d'incorporation et de surveillance du personnel navigant de la R.A.F.
- Et, dès lors, les pays Anglo-Saxons consacrent au Test un grand nombre de publications, qu'il serait fastidieux d'énumérer ici.
- En France, c'est seulement en I945 que le Test de FLACK est employé au cours de l'examen médical du personnel navigant de l'aviation de Paris.
- En I946, GUILLAUME reprend, dans sa thèse, l'étude du Test et l'applique au contrôle médical des sportifs.

Dès lors, le Test prend une place de plus en plus importante parmi les épreuves cardiaques fonctionnelles pratiquées lors des examens médico-sportifs, de la surveillance du personnel navigant et des militaires.

- En I949, MATHIEU expose, aux journées d'Information Médicale Sportive de Bordeaux, l'utilisation et la valeur de l'Endurance-Test.
- Dans un article de la Presse Médicale du I8 Mars I950,

PIAS, BOURDINAUD et MISSENARD étudient les modifications de la vitesse circulatoire, de l'oxymétrie et de l'électrocardiogramme entraînées par le Test de FLACK.

- Dans ce même numéro, DOUTREBENTE propose son utilisation pour évaluer les risques opératoires chez les malades chirurgicaux,
- et, la même année, son élève JAVELAUD consacre sa thèse à l'Endurance-test qu'il adopte comme examen préopératoire.
- Dans un article de la Presse Médicale du I2 Juillet I952, CELICE, PLAS et leurs collaborateurs, apportent d'importantes précisions sur les modifications des pressions intracavitaires droites créées par l'épreuve.
- R. et H. FABRE et ROUGIER, dans le Journal de Physiologie de I952, analysent les répercussions circulatoires du Test de FLACK chez l'homme et chez le chien.
- H. FABRE les précise, dans sa thèse, l'année suivante.
- Enfin, en I953, la thèse de BLOCH étudie la physiopathogénie du Test.

TECHNIQUE

La technique décrite par Martin FLACK n'a pratiquement pas été changée depuis.

L'appareillage

en est très simple

consistant en un tube de verre, en U, fixé sur une planchette. Ce tube est gradué en millimètres. D'un diamètre intérieur de 4 millimètres, il contient une faible quantité de mercure. A une de ses branches est fixé un tube en caoutchouc d'environ 75 centimètres de long. A l'autre extrêmité de ce tube est adapté un embout buccal en verre conçu de telle façon qu'il n'y ait pas de fuite d'air entre les lèvres du sujet et l'embout.

- Si l'on ne dispose pas du tube en U, on peut se servir d'un tensiomètre de VAQUEZ-LAUBRY que l'on fixe sur un objet cylindrique ou sur le bras d'un aide. Il suffit de remplacer la poire de l'appareil par un embout buccal.

On explique alors

au sujet ce qu'il lui convient de faire:

Après une expiration forcée, suivie d'une bonne inspiration forcée, adapter l'embout buccal aux lèvres et souffler régulièrement dans l'appareil de façon à faire monter la colonne de mercure jusqu'à la graduation 40 millimètres

....

(ou l'aiguille du tensiomètre jusqu'au 4). La maintenir ainsi le plus longtemps possible, sans prendre de nouvelles inspirations. Un clip nasal permettrait une obturation narinaire suffisante si l'on craint une incompréhension ou une supercherie du sujet.

Il est d'ailleurs bon de lui faire réaliser un bref essai avant de pratiquer l'épreuve.

La position du sujet ne modifie pas le test et il peut aussi bien le pratiquer debout ou assis que couché. Toutefois l'enregistrement concomittant d'un électrocadiogramme fait préférer la position couchée.

Pendant ce temps, l'opérateur et ses aides, qui auront au préalable noté le pouls et la pression artérielle, enregistré un électrocardiogramme dans les dérivations standards prennent et énoncent: le pouls de 5 en 5 secondes
et au besoin la T A de 10 en 10 sec.
un électrocardiogramme en deuxième dérivation standard.

Dans ce cas, un des aides maintiendra lui-même l'embout buccal entre les lèvres du sujet de façon à lui éviter tout mouvement.

On aura en outre expliqué au sujet qu'il devra éviter le plus possible de bouger lorsqu'il reprendra sa respiration à la fin du test, de façon à permettre un bon enregistrement électrocardiographique jusqu'au retour au calme. On continuera de même à prendre le pouls et la tension artérielle jusqu'à ce qu'ils soient revenus à leur valeur initiale.

....

ETUDE CLINIQUE

La prise du pouls et de la tension artérielle au cours du test de FLACK permet de se renseigner sur la forme du sujet.

En effet, on a reproché aux épreuves d'exploration cardiaque fonctionnelle en général et au test de FLACK en particulier de dépendre de l'état général du sujet autant que de l'état de son appareil cardio-vasculaire. Et il est vrai qu'un sujet au coeur normal réagira de façon différente selon qu'il est fatigué ou non. Mais cette épreuve n'est pas utilisée comme seule méthode d'examen. Elle est, bien au contraire, considérée comme un "test de fatigue" d'un coeur étudié auparavant avec les moyens cliniques et para-cliniques habituels. Elle permet seulement de comparer l'état du coeur au repos et au travail. Et d'en conclure les possibilités de travail de ce coeur.

Les résultats obtenus vont permettre d'apprécier deux facteurs:

- la durée de l'épreuve
- les variations enregistrées au cours de l'épreuve.

La durée de l'épreuve

Pour Martin FLACK celle-ci ne devait pas être inférieure à 52 secondes. Un temps inférieur, justifiant une étude clinique approfondie de l'appareil cardio-vasculaire

....

du sujet, le classait dans les mauvais résultats quelle que soit la réponse cardiaque.

Et pourtant ce ne sont pas les meilleurs athlètes qui tiennent le test le plus longtemps. Certains sujets, sportifs bien entraînés, n'ont pu tenir plus de 25 secondes alors que leur appareil cardio-respiratoire était parfaitement normal.

Quels sont donc les facteurs qui conditionnent la reprise de la respiration ?

- le pourcentage des gaz respiratoires dans l'air alvéolaire
  Il est évident que pendant le test la pression partielle d'oxygène diminue tandis que la pression partielle du gaz carbonique augmente.
- le degré de sensibilité des centres respiratoires bulbaires au taux de gaz carbonique
- enfin les facteurs neuro-végétatifs et psychiques

Il est certain que la volonté joue un rôle important dans la durée de tenue du test. Et le rôle de l'émotivité est indéniable, tout au moins pour les sujets particulièrement émotifs.

PLAS et BOURDINAUD ont pu constater l'interruption prématurée du test sur des sujets parfaitement normaux et entraînés, mais dont le réflexe occulo-cardiaque trahissait une sympathicotonie nette.

Cependant la fixation de l'attention sur le dénivellement de la colonne de mercure devrait dériver l'hyperémotivité.

.....

Il nous paraît donc qu'il convient d'être un peu moins exigeant sur la durée du test que ne l'était Martin FLACK. Les variations enregistrées et le temps de retour au calme semblant avoir beaucoup plus d'importance.

Mais le test doit, tout de même, durer un temps suffisant pour provoquer des modifications cardio-respiratoires. Et l'on admet actuellement qu'une durée de 40 secondes est satisfaisante pour des sujets normaux.

Les variations enregistrées au cours de l'épreuve

1) Le mode initial consiste à prendre uniquement le pouls de 5 en 5 secondes au cours du test.

On obtient ainsi une courbe que l'on peut classer dans l'un des 4 types classiquement individualisés.

- Le type I est caractérisé par une courbe presque rectiligne avec de très faibles variations (une pulsation) autour du chiffre initial.
- le type II correspond à une ascension immédiate et modérée du pouls (2 à 3 pulsations).
- le type III est voisin du type II, l'ascension étant seulement plus marquée, le décalage de 4 à 6 pulsations par cinq secondes sans retour partiel à la normale en cours d'épreuve.
- le type IV est marqué par une augmentation rapide du rythme cardiaque mais surtout par une instabilité rythmique et un ralentissement final du pouls précédant de peu l'abandon de l'épreuve.

....

A ces quatre types classiques, PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD en ont ajouté un cinquième qui s'applique uniquement aux tachy-cardiques.

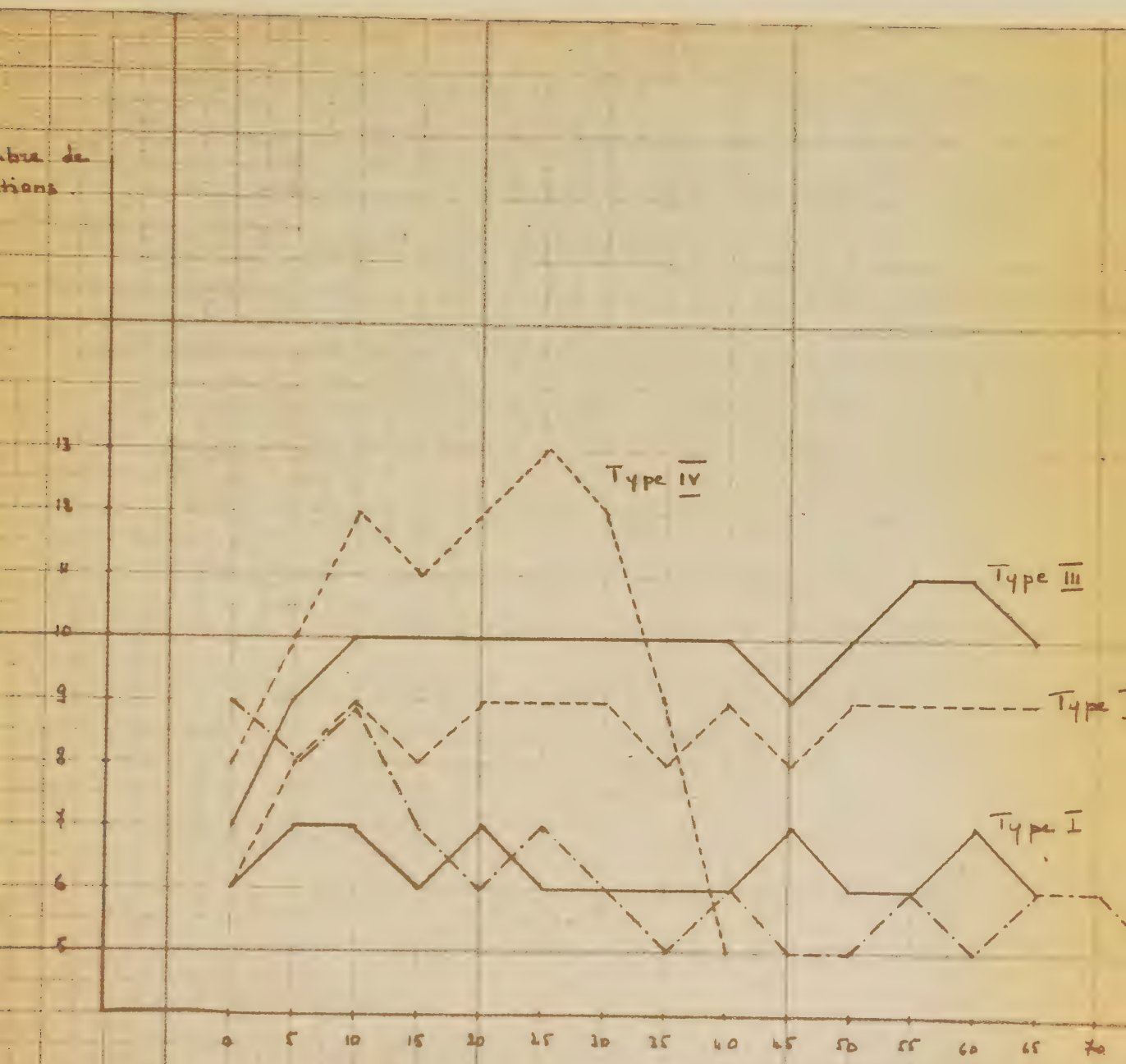
- Ce type V est caractérisé par un ralentissement du pouls qui se stabilise à un rythme normal durant tout l'effort expiratoire pour retrouver son rythme initial après le test.

(Voir planche I, page 12).

Ainsi caractérisés les cinq types permettent de déduire au point de vue pratique que:

- les sujets du type I récupèrent très facilement et rapidement dès la fin de l'effort. Ce sont les meilleurs cas
- les sujets du type II ont encore une bonne réponse. Malgré une accélération notable du pouls et un retour plus long à la normale, ils récupèrent bien et sont susceptibles d'amélioration.
- Au contraire, dans le type III, il n'y a aucun ralentissement du pouls après la forte accélération initiale et le retour au calme est long. Ces sujets sont capables de faire du sport, par exemple, mais après un entraînement soigneusement dosé et bien surveillé. Ce ne sont pas des cas favorables dans l'immédiat, mais ils sont capables, eux aussi, d'amélioration.
- Les sujets qui répondent au type IV ont, à l'effort, une instabilité du pouls très marquée. Le plus souvent, ils ne peuvent soutenir l'épreuve que pendant un temps très court.

....



Les cinq types de courbes du poulet au cours du test
(Courbes publiées par Plai, Bourdiriaud et Missenard)

dépendant de l'opérateur, dont le travail est souvent encore

....

Ces sujets sont incapables de faire des efforts et un examen clinique et paraclinique recherchera une affection chronique, condamnation définitive au repos, ou ne la retrouvera pas, ce qui laisse alors espérer une possibilité de récupération progressive.

- Quant au type V, il correspond à des athlètes bien entraînés mais neurotoniques légers. La durée de leur test dépasse souvent soixante-dix secondes. Donc réponse exceptionnellement bonne.

Ainsi, après avoir examiné plus de 800 sujets au centre d'examen médical du personnel navigant de l'aviation de Paris, PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD concluent de façon certaine que les sujets répondant aux types I, II et V ont un appareil cardio-vasculaire capable de supporter tous les efforts qui peuvent lui être demandés. Le type III est à rejeter dans l'immédiat mais susceptible d'amélioration. Enfin, le type IV est une indication d'inaptitude physique. Il peut être temporaire mais, en fait, persiste souvent aux examens successifs.

C'est à l'enregistrement de cette courbe du pouls que se borne le test de FLACK, tel qu'il est utilisé classiquement.

Ce procédé a été critiqué, par FABRE en particulier.

Il lui reproche sa non fidélité, les résultats dépendant de l'opérateur, dont le travail est souvent encore

....

compliqué par l'affaiblissement du pouls qui devient parfois même imprenable. Et, en effet, nous avons pu le vérifier au laboratoire de physiologie de l'Institut Régional d'Education Physique en comparant les résultats trouvés par la prise manuelle du pouls et le rythme cardiaque de l'électrocardiogramme enregistré en même temps.

Aussi, bien que les erreurs ne dépassent pas 1 pulsation par 5 secondes, préférons-nous souvent remplacer la prise manuelle du pouls par le calcul des pulsations de 5 en 5 secondes sur l'électrocardiogramme où nous marquons le début et la fin de l'épreuve.

2) Ayant constaté ces modifications d'amplitude du pouls MATHIEU a pensé à remplacer la prise du pouls par l'inscription de l'indice oscillométrique.

Il obtient ainsi des courbes de variation de l'indice oscillométrique qu'il classe en 4 types de "tracé-indice":

- Type A: indice élevé se maintenant pendant l'épreuve,
- Type B: indice petit se maintenant pendant l'épreuve,
- Type C: indice variable pendant l'épreuve ayant tendance à faire 2 plateaux.
- Type D: indice très variable, sans plateau, ayant tendance à tendre vers le zéro.

MATHIEU pense pouvoir, grâce à ces tracés, classer à l'avance un sujet dans les spécialités qui lui sont accessibles et même lui donner des conseils d'ordre tactique.

....

Chez un sujet apte aux grandes compétitions sportives par exemple, il admet qu'un tracé du type A indiquerait l'aptitude à la vitesse, la détente, les changements brusques de cadences, tandis qu'un tracé B indiquerait une aptitude aux épreuves de fond, aux allures régulières sans variations brutales.

Mais il ne semble pas que cette mesure de l'indice oscillométrique au cours du test de FLACK soit passée dans la pratique courante.

3) A l'étude classique du pouls, nous avons joint depuis quelques mois au laboratoire de physiologie de l'Institut Régional d'Education Physique, une étude des variations de la tension artérielle au cours du test de FLACK.

Les opinions sur ces variations ont été pendant longtemps tout à fait variables.

- En effet, en 1952, GOLBERG, ELISBERG et KATZ signalaient au cours de la manoeuvre de Valsalva une chute progressive de la tension systolique et diastolique, mais ils faisaient remarquer que cette chute ne se produit pas dans tous les cas.
- SARNOFF, BROUET et THURIAF, eux aussi, admettent que la tension artérielle baisse toujours après une courte ascension initiale.
- R. et H. FABRE, au contraire, ayant très soigneusement étudié les variations tensionnelles de 25 sujets trouvent une augmentation constante de la tension artérielle

....

portant principalement sur la minima.

- Expérimentant sur 25 sujets normaux, sportifs bien entraînés, nous avons toujours noté une augmentation globale de la tension artérielle portant à la fois sur la maxima et sur la minima.

Variations de la maxima

1) Nous avons pu constater dans 18 cas sur 25 une ascension immédiate de la maxima. Sauf dans 2 cas où la variation tensionnelle fut remarquablement faible et ne se produisit qu'après 7 à 8 secondes de tenue du test. L'élévation moyenne de la maxima fut environ de 3 centimètres de mercure, deux fois de 1 centimètre seulement, une seule fois elle atteignit le chiffre de 8.

De toute façon, quelle que soit l'importance de son élévation, dès la fin de l'épreuve, la maxima baissait rapidement pour reprendre son chiffre normal en 15 à 25 secondes.

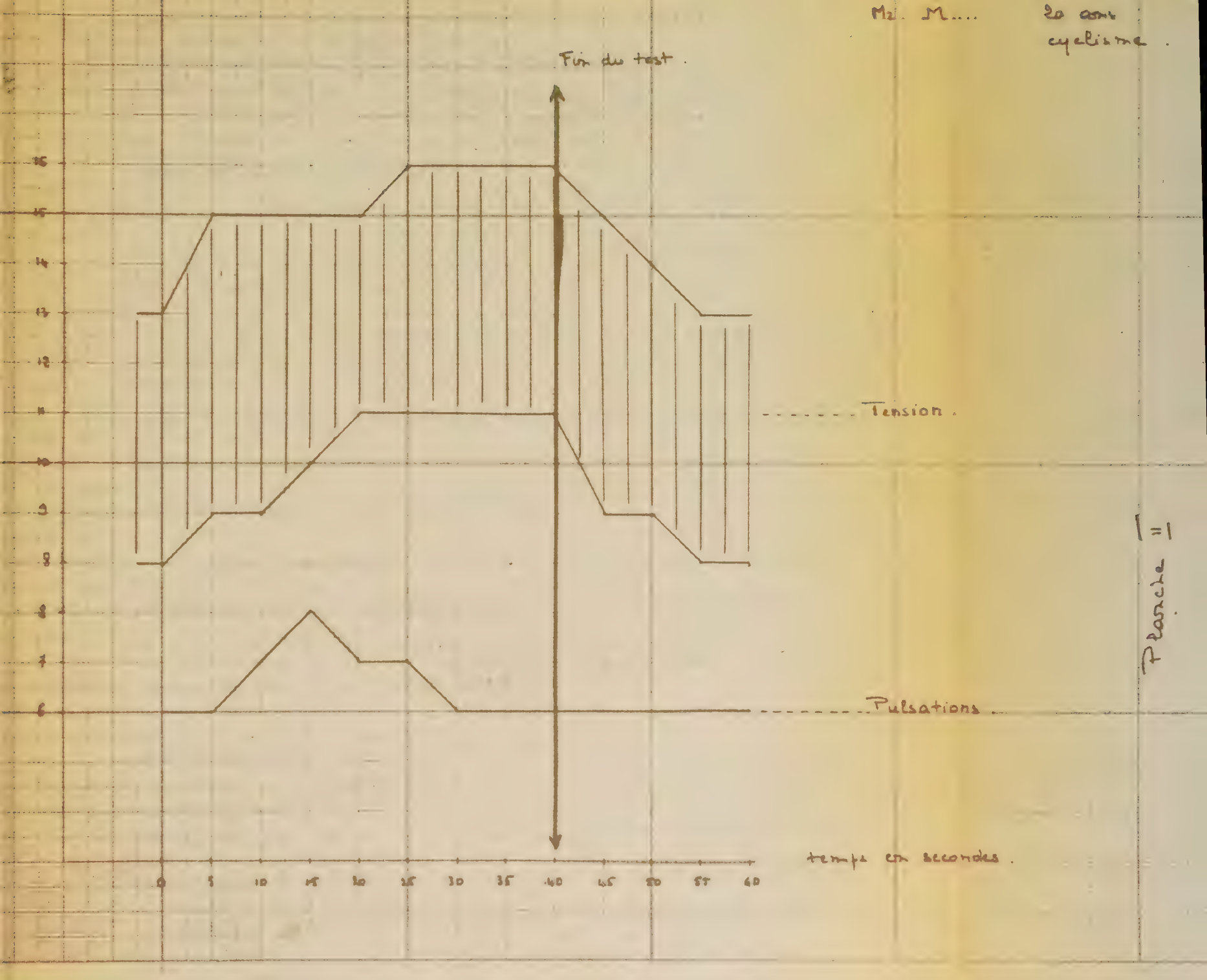
(Voir planche II, page 17)

2) Dans sept cas, au contraire, la maxima commençait par baisser dès le début du test de 1 à 2 centimètres de mercure, pour ne remonter qu'au bout d'une vingtaine de secondes à un chiffre sensiblement égal ou légèrement supérieur au chiffre de départ.

Elle se maintenait alors souvent en plateau à ce chiffre, jusqu'à la fin du test, où se produisait une nouvelle ascension de 1 à 2 centimètres de mercure. Et ce

....

Mr. M.... 20 ans cyclisme.



n'était qu'au bout d'une dizaine de secondes que la maxima commençait à baisser pour retrouver son chiffre normal 25 à 30 secondes après la fin du test en moyenne.

(Voir planche III, page 19)

Variations de la minima

Quelles que soient les variations de la maxima, la minima augmentait toujours et ceci pratiquement toujours dès le début du test.

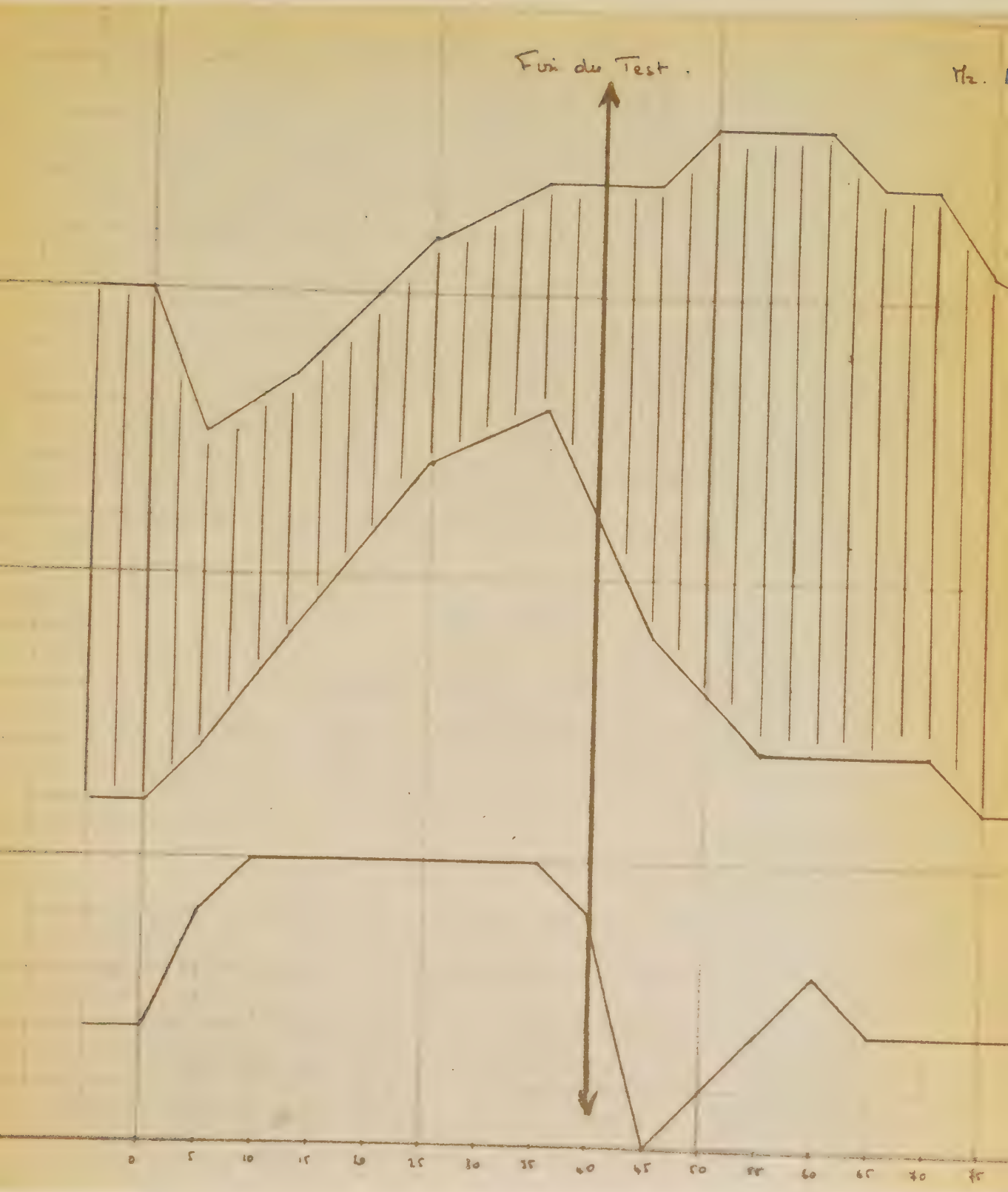
1) Nous avons pu constater dans les 18 cas où la maxima commençait à monter aussitôt que le sujet soufflait dans le tube de FLACK, une ascension parallèle de la minima qui s'élevait aussi d'environ 3 centimètres de mercure pour redescendre, dès la fin du test.

2) Au contraire, chez les 7 sujets dont la maxima commençait par baisser, la minima s'élevait rapidement de 4 ou 5 centimètres de mercure pour redescendre quelques secondes avant la fin du test.

Conséquences sur la pression différentielle

Ainsi, tandis que la différentielle dans les 18 premiers cas restait toujours sensiblement égale à elle-même au cours du test, variant au maximum de 1 centimètre de mercure (planche II), dans les 7 derniers cas, cette différentielle subissait des variations importantes:

....


Fin du Test.
Hz.
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75

....

18 ans.
natation.

... Tension

Planche III

... Pulsations.

Temps en secondes

- par suite de l'ascension immédiate et accentuée de la minima, tandis que la maxima commençait par baisser avant de ne se relever que relativement peu, la différentielle, dès la moitié du test, était fortement pincée. Elle diminuait de 2 à 3 centimètres de mercure et même dans un cas de 5 centimètres. La valeur la plus faible que nous ayons constatée fut un pincement à 2 centimètres.

Par contre, dès la fin du test, comme la minima avait déjà fortement baissé alors que la maxima continuait à monter, la différentielle augmentait pour devenir supérieure de 1 à 2 centimètres de mercure à la différentielle de départ.

(planche III, page 19)

Nous avons essayé de comparer les variations de ces réponses tensionnelles à l'état cardio-vasculaire des 25 sujets examinés et à leurs réponses aux différents tests d'effort.

Nous avons pu constater que ni l'âge, ni la durée du test n'avaient d'influence sur les variations, les chiffres de départ de la tension artérielle ne semblaient pas non plus jouer un rôle quoique la différentielle en soit généralement plus élevée dans les 7 derniers cas que dans les 18 premiers.

Même chose pour le rythme cardiaque au repos.

....

Par contre, nous avons trouvé, en les comparant aux courbes du pouls:

- chez les 18 premiers sujets

  17 courbes au cours du test de FLACK des types I, II ou V

  1 seule étant du type III

- tandis que parmi les 7 derniers sujets, il y avait 2 types II seulement pour 5 courbes du type III

Nous avons également essayé de comparer ces réponses aux modifications des axes électriques enregistrés après l'épreuve de Martinet faite à ces 25 sujets.

Le résultat de ces comparaisons est moins net; En effet:

- nous n'avons trouvé dans le premier groupe qu'un type III, tous les autres répondant aux types I ou II.

- mais dans le deuxième groupe où 6 sujets avaient été soumis à l'épreuve de Martinet, il n'y avait que 2 types III pour 4 types I et II.

Enfin, un sujet de 30 ans, non sportif, qui présentait une hypertension à 22-14, et que nous avons eu l'occasion d'examiner, s'est classé dans le deuxième groupe des variations tensionnelles.

....

Dans l'état actuel de nos recherches, il est difficile de tirer une conclusion pratique de cette étude.

Tout ce que l'on peut dire, c'est que l'on constate une élévation globale de la tension artérielle dans tous les cas.

Mais il semblerait que, si la pression différentielle se maintient semblable à elle-même tout au long de l'épreuve chez les sujets bien entraînés et en parfaite forme physique, ce soient les sujets fatigués qui présentent de grosses fluctuations de cette différentielle au cours de l'épreuve.

Mais, répétons le encore une fois, cette codification n'a encore rien de définitif.

....

ETUDE ELECTROCARDIOGRAPHIQUE

Tandis que l'étude classique du Test de FLACK ne comportait que la prise du pouls, on a de plus en plus tendance à enregistrer un électrocardiogramme avant, pendant et après l'épreuve, au moyen d'un appareil à inscription directe.

Ainsi que l'ont indiqué PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD, la dérivation où se traduisent le mieux les variations électriques est la deuxième dérivation standard, seule utilisée lorsqu'on ne dispose pas d'un appareil à enregistrement simultané de toutes les dérivations.

Les variations observées sont de deux sortes :

- les unes apparaissant au cours de l'épreuve
- les autres dès la fin du test.

1) Au cours de l'épreuve :

- La première manifestation est une tachycardie sinusale, traduction électrocardiographique de l'accélération du pouls.

  Cependant, pour les sujets qui font une courbe du pouls du type V, la tachycardie est remplacée par une bradycardie sinusale.
- Beaucoup plus intéressante du point de vue électrocardiographique sont les modifications de l'onde P_2.

En effet, très souvent apparaissent, soit dès le début du test, soit dans un délai de 4 à 10 secondes, des ondes P dont l'amplitude est augmentée, pouvant doubler et même tripler sa valeur normale. Elles prennent parfois l'aspect acuminé des ondes P dites "pulmonaires".

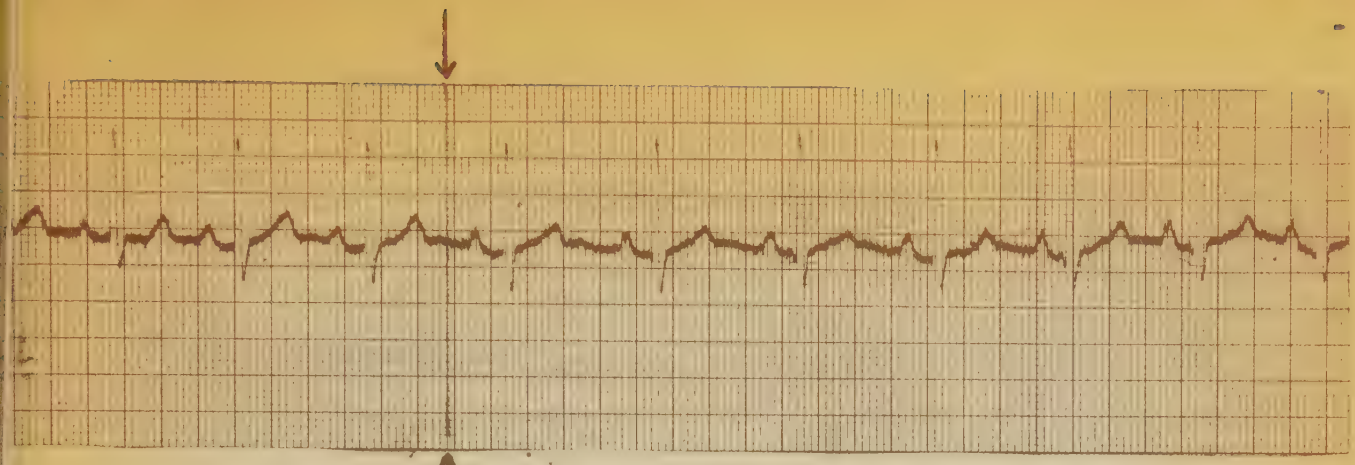
Ces modifications de l'onde P peuvent durer jusqu'à la fin du test et même après le test, mais elles peuvent aussi ne durer que quelques secondes pour réapparaître, ou non, juste avant la fin du test. (Voir planche IV page 25).

- Beaucoup plus rarement, on a enregistré des modifications de QRS ou de T
  - soit apparition ou augmentation de S_2 tandis que l'amplitude de R diminuait
  - soit aplatissement ou, au contraire, exagération de l'onde T, mais qui reste toujours asymétrique
  - soit sous-dénivellement du segment ST, l'onde T devenant négative ou diphasique.

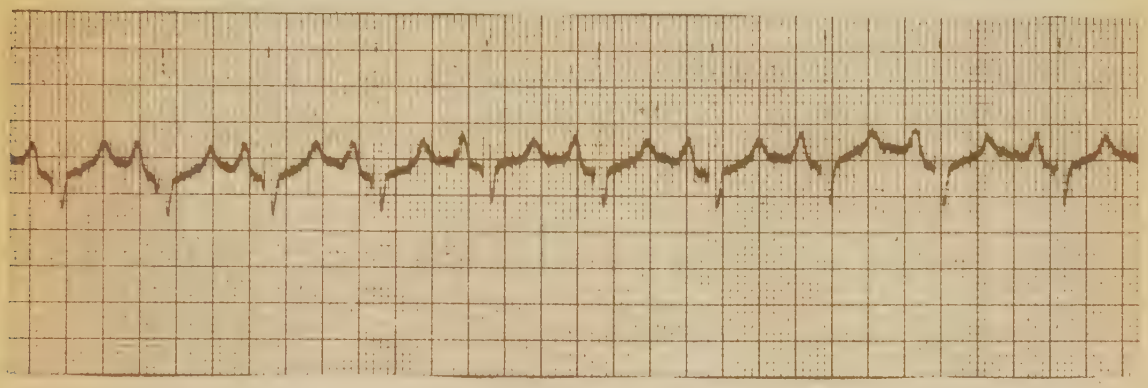
Toutes ces altérations disparaissent dès que cesse l'épreuve.

- On a pu enregistrer quelques électrocardiogrammes de Test de FIACK dans toutes les dérivations.

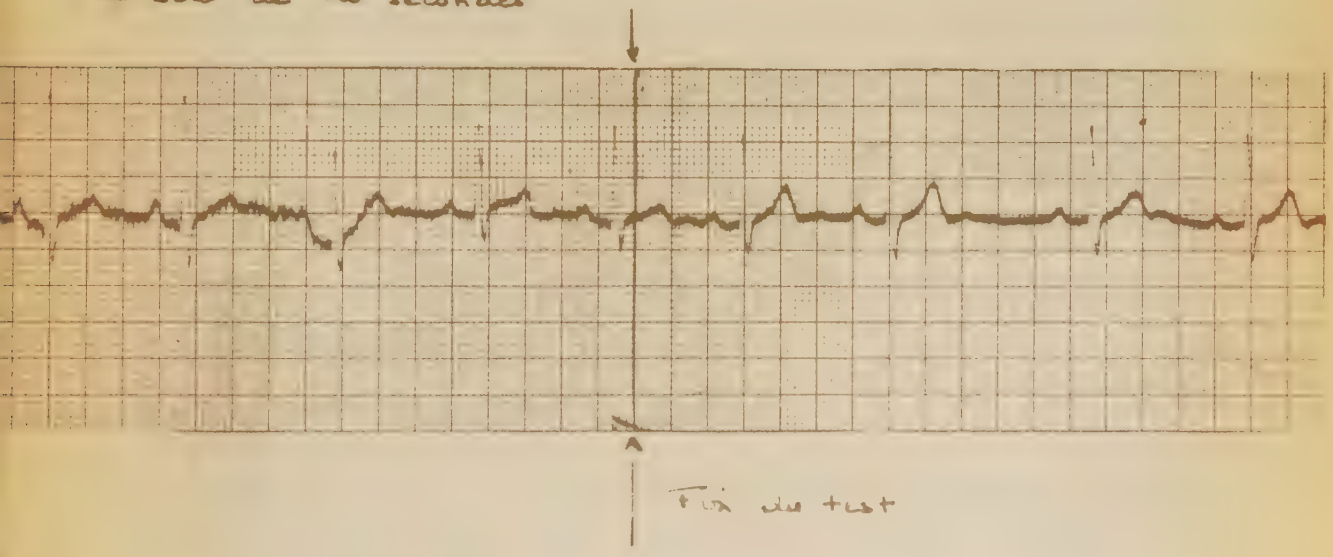
On constate, alors, quelquefois, des déviations de l'axe électrique du complexe rapide et ceci surtout dans les cas pathologiques.



Début du test.



au bout de 10 secondes



Fin du test

G..... 22 ans - (athlétisme)

emple d'électrocardiogramme pris au cours du test de Flack

2ème dérivation standard

[illegible]

A été également noté : un aplatissement assez fréquent de T en V_4, V_5 et V_6.

2) Dès la fin du test, au contraire apparaissent des troubles du rythme et de l'excitabilité qui peuvent durer 3 à I5 secondes.

Ce sont, en général, des extrasystoles ventriculaires ou des échappements nodaux isolés ou alternant avec une bradycardie sinusale et des extrasystoles supraventriculaires.

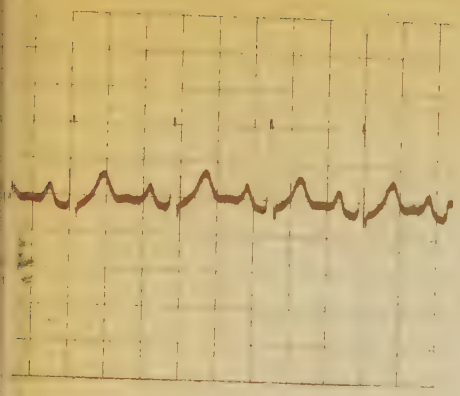
Relevant sans doute de la poussée vagale qui suit le test, ces troubles du rythme sont le plus souvent de courte durée et peu marqués. Dans quelques cas pathologiques cependant, ils peuvent attirer l'attention par leur richesse et leur durée. On doit alors leur attacher une certaine importance.

Mais les modifications de l'onde P_2 peuvent persister après l'épreuve (voir Planche V page 27).

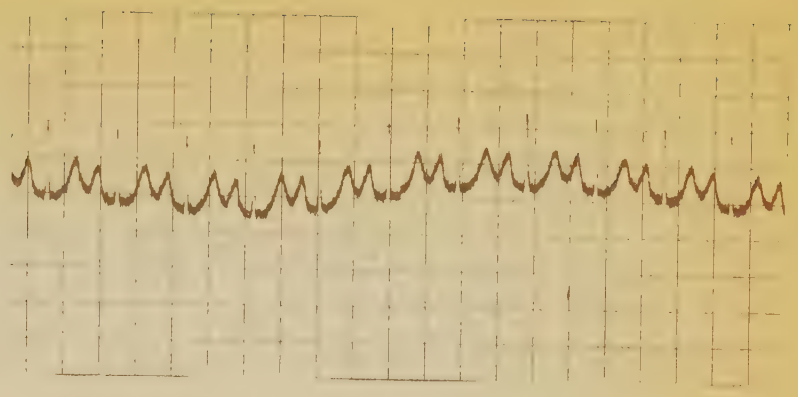
C'est sur ce point que CELICE, PLAS et leurs collaborateurs ont insisté.

Etudiant l'électrocardiogramme de sujets normaux et de 40 malades atteints d'affection broncho pulmonaire chronique, auxquels on faisait pratiquer un Test de FLACK, ils ont montré que :

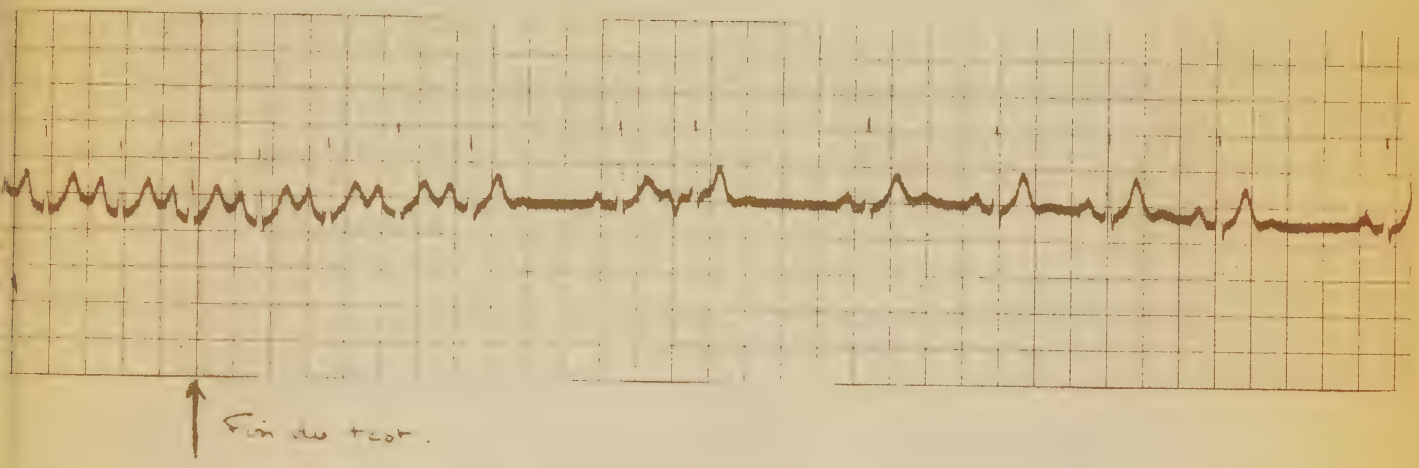
- chez les sujets normaux, l'onde P_2 disparaît dès la fin du test



au repos

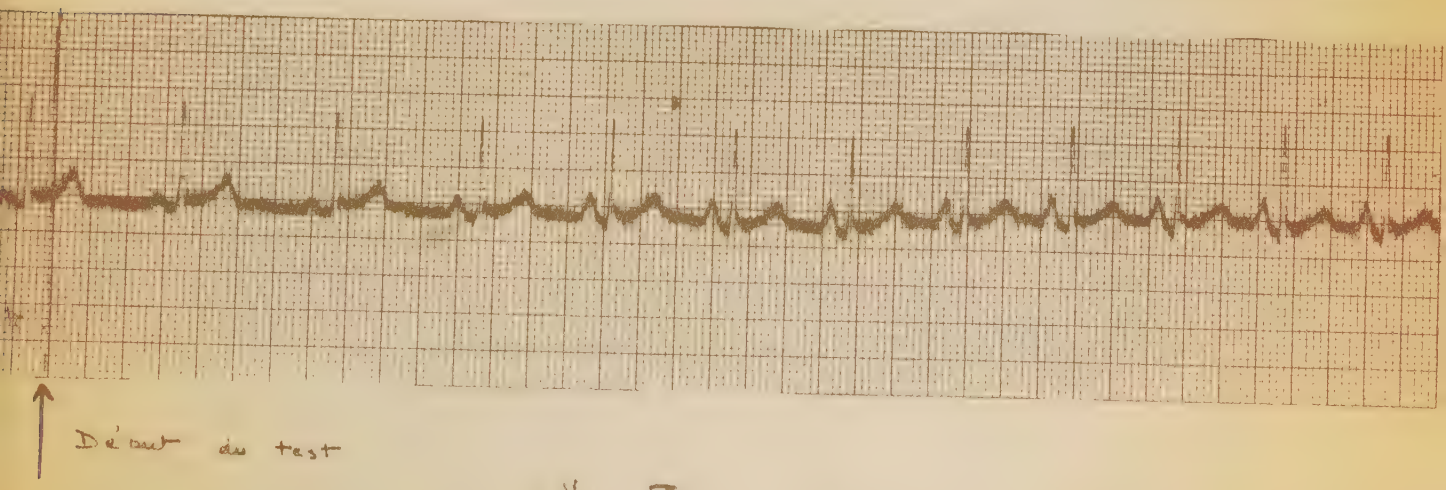


à la 1e minute du test



Mr. G..... 18 ans. (athlétisme)

exemples d'électrocardiogramme en deuxième dérivation standard au cours du test de Flack.



Mr. F..... (37 ans - cyclisme)

- dans les bronchopneumopathies pures bien tolérées, l'onde P_2 ne dépasse pas, en moyenne, 4 secondes après la fin du test
- dans les bronchopneumopathies pures mal tolérées, l'onde P_2 persiste en moyenne I5 secondes après la fin du test, et, dans un cas, la persistance a duré 23 secondes
- dans les bronchopneumopathies chroniques associées à une affection du coeur gauche, l'onde P_2 peut durer, en moyenne, 7 secondes.

Ainsi, la notion du retour au calme prend une importance capitale.

Et, dans la pratique, on estime que les sujets dont les ondes P_2 ne disparaissent pas dans les 4 ou 5 secondes qui suivent la fin du test, doivent être surveillés attentivement à la recherche en particulier d'un scléro-emphysème latent.

En conclusion :

les altérations électriques provoquées par le test de FLACK se manifestent surtout par l'apparition d'une onde P_2 d'hyperpression intra-cavitaire droite;

et si :

l'étude clinique du test de FLACK nous

renseigne sur l'état général du sujet,
l'étude électrocardiographique nous renseigne sur
l'état de son coeur droit.

PHYSIOLOGIE

Le test de FLACK fut, pendant longtemps, employé de façon empirique.

- En 1936, le Service de Santé de l'Air Britannique publie que l'on ne peut dire quel secteur de l'organisme est exploré par le test, mais que celui-ci exprime la valeur physique de l'individu considéré dans son ensemble. C'était là, l'opinion même de Martin FLACK.
- MATHIEU pense que la seule réserve que l'on peut objecter à l'épreuve est la difficulté de savoir ce qu'elle mesure (Journées d'Information Médicale Sportive de Bordeaux).
- Considéré comme un test d'apnée et décrit parmi les tests d'apnée par FABRE "il représente un ensemble mal aisé à déterminer" (CHAILLEY-BERT et MERKLEN).
- Mais, ces dernières années, le test de FLACK a fait l'objet de nombreuses études et, en particulier, à Paris, celles de PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD; de CELICE, PLAS et leurs collègues; à Bordeaux, celles de FABRE; ou, en Angleterre, celles de MILLS, qui tentent d'en expliquer le mécanisme et la physiologie.
- Et, actuellement, si les perturbations physiologiques provoquées par le test sont loin d'être encore toutes

connues, l'accord semble être fait sur un point essentiel :

> le test provoque une hyperpression dans les cavités droites et le territoire artériel pulmonaire, en dehors de toute baisse appréciable du taux d'oxygénation du sang.

En effet, le test apparaît comme une variante de l'épreuve de VALSALVA. Bien étudié par LIAN et par MARCHAL, et plus récemment par BROUET, PALEY, MARCHE et CASTILLON, d'une part, par THURIAF et THON, d'autre part, il réalise :

- une apnée volontaire après inspiration forcée
- une hyperpression expiratoire maintenue à 40 millimètres de mercure.

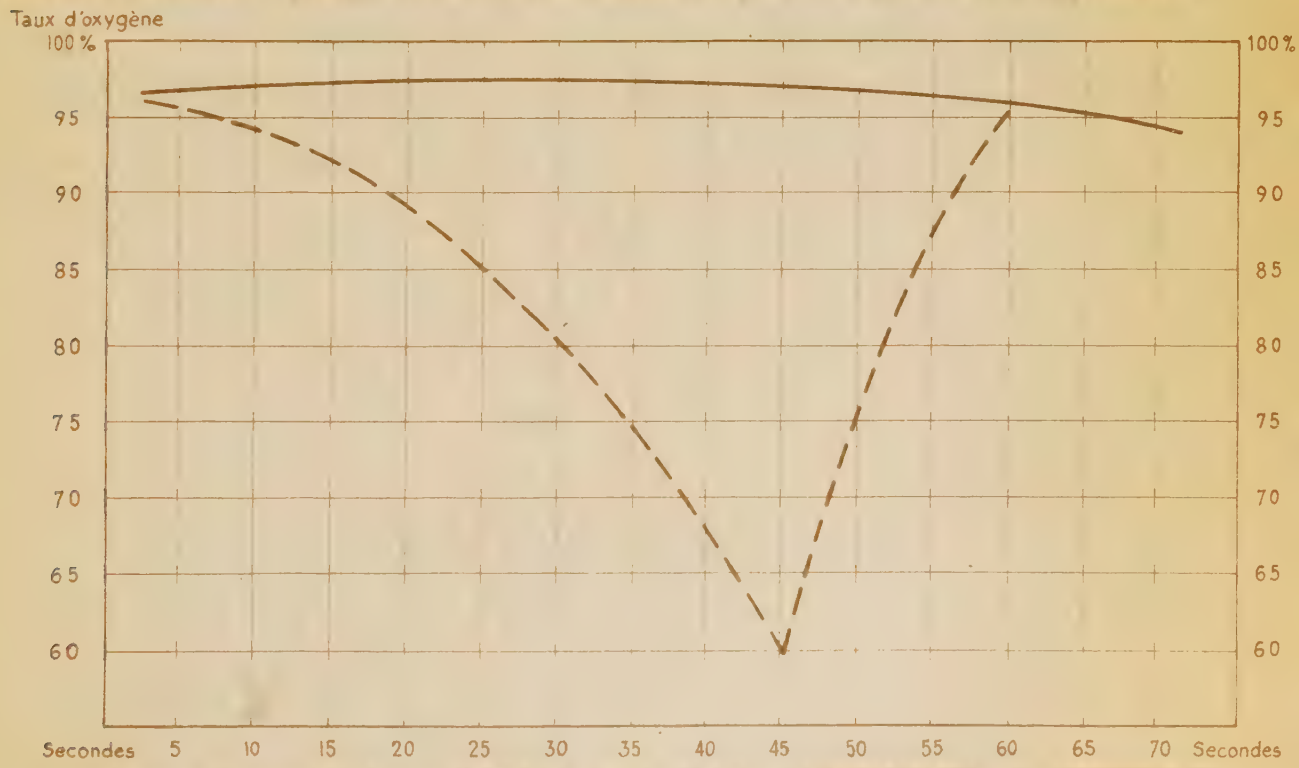
<u>Une apnée en inspiration forcée</u>.

- Des cartes électriques du coeur, établies au moyen des dérivations standards et unipolaires et comparant l'aspect des différents complexes en expiration forcée, en inspiration forcée et lors du test de FLACK, montrent bien la similitude des complexes lors de l'inspiration forcée et du test de FLACK. Similitude surtout remarquable en AVL.
- Deuxième élément important : PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD ont montré qu'il n'y avait pas d'anoxémie au cours du test de FLACK. En I950, opérant sur 65 sujets au centre d'examen médical du personnel navigant de Paris à l'aide de l'oxymètre à cellule photoélectrique

de COHEN, selon la méthode de MILIKAN, ils n'ont trouvé que des variations très faibles du taux d'oxygénation au sang. Quelles que soient les réponses cardiaques des sujets, ils n'ont jamais trouvé un taux d'oxygénation inférieur à 92 %, et ceci quelle que soit la durée du test.

La courbe obtenue est pratiquement plane, subissant seulement un léger fléchissement à la fin de l'épreuve. Ce fléchissement n'est jamais supérieur à 5 %.

Ces auteurs ont comparé les courbes d'oxymétrie ainsi obtenues à celles qu'ils obtenaient en demandant au sujet de maintenir une apnée volontaire après une expiration forcée. Dans ce cas, au contraire, la chute du taux d'oxygène dans le sang est presque immédiate. Elle est rapide et atteint des chiffres importants tombant jusqu'à 65 % et même 60 % à la fin de l'épreuve.



Courbes d'oxymétrie publiées par FLAG, [illegible] et [illegible].
En trait plein, taux d'oxygène au cours du test de FLAG.
En tirets, taux d'oxygène au cours de l'épreuve d'expiration forcée suivie d'apnée volontaire.

Ces expériences montrent bien qu'il n'y a pas d'anoxémie lors du test de FLACK. Ce test n'est pas un simple test d'apnée ainsi qu'on avait voulu le dire.

Mais le sujet doit maintenir une dénivellation de 40 millimètres sur la colonne de mercure, aussi ajoute-t-il une hyperpression expiratoire à cette apnée en inspiration forcée. Ceci, à condition qu'il ne triche pas (ce qui arrive parfois) se contentant de maintenir la dénivellation par la tension de ses muscles jugaux, sans faire d'effort expiratoire.

<u>Et cette hyperpression expiratoire</u>

entraîne des conséquences dont deux au moins sont certaines:

- le ralentissement de la vitesse circulatoire
- l'augmentation de pression des cavités droites

1) Le ralentissement de la vitesse circulatoire a été étudié par PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD.

Opérant sur 25 sujets, ces auteurs ont fait une injection de saccharinate de soude dans une veine du pli du coude. L'injection était poussée en 2 secondes et on mesurait le temps bras-langue. Quelle que soit la courbe du pouls obtenue au cours de l'épreuve, la vitesse circulatoire était toujours ralentie; et ceci de façon notoire. Parfois même, le sujet ne percevait la saveur sucrée qu'après la fin du test.

Quelques exemples des temps trouvés nous sont donnés :

Trois sujets voyaient passer leur vitesse

circulatoire de I4 secondes avant l'épreuve à 2I, 28 et 34 secondes pendant le test. Un autre, dont la vitesse circulatoire était de I3 secondes, passait à 30 secondes.

Ainsi, il y a un retard important de la vitesse circulatoire dans la grande circulation puisque cette vitesse double ses chiffres.

Les essais de mesure de la vitesse circulatoire dans la petite circulation, à l'aide d'injection d'éther dans les veines du pli du coude, n'ont pas été concluants.

2) Deuxième conséquence de l'hyperpression expiratoire : l'augmentation de pression dans les cavités droites. Et c'est par l'examen de l'électrocardiogramme pris au cours du test qu'on a été amené à soupçonner cette conséquence. En effet, quelles pourraient être les causes des modifications de l'électrocardiogramme :

- le changement de position du coeur :

  mais s'il explique en partie les déviations de l'axe électrique du complexe rapide, il ne peut guère expliquer les modifications de l'onde P_2 puisque celles-ci persistent parfois après la fin du test, ou d'autres fois disparaissent après quelques secondes de test

- les modifications des gaz du sang :

  mais, ainsi qu'il a déjà été dit, elles sont relativement peu importantes et ne sauraient expliquer l'apparition de cette onde P_2.

- les variations de la pression intracavitaire :

et cet aspect de P_2 a conduit PLAS, BOURDINAUD et MISSENARD à admettre l'existence d'une hyperpression dans les cavités droites, hypothèse que les travaux pratiqués ensuite dans le service du Docteur CELICE ont largement confirmée.

En effet, en I952, sous la direction du Docteur CELICE et du Docteur PLAS, nous avons mesuré les pressions intracavitaires droites de I8 sujets atteints de broncho-pneumopathies chroniques entraînant un retentissement cardiaque plus ou moins marqué.

La mesure était faite à l'aide d'un cathétère poussé depuis le pli du coude gauche jusque dans l'oreillette droite puis dans le ventricule droit, le tout sous écran radioscopique.

A ce cathétère était adapté un manomètre de CLAUDE permettant d'enregistrer la pression moyenne au repos et lors du test de FLACK, successivement dans l'oreillette puis dans le ventricule. Un électrocardiogramme était enregistré de façon concommitante à l'aide d'un appareil à enregistrement direct.

Une augmentation de la pression moyenne fut constatée dans tous les cas, sans aucune exception : augmentation de 25 à 48 centimètres d'eau de la pression auriculaire droite moyenne, de 9 à 50 centimètres d'eau de la pression ventriculaire droite moyenne. Les chiffres maxima des pressions observées furent :

- 70 pour la pression auriculaire droite moyenne
- 68 pour la pression ventriculaire droite moyenne.

Une fois, dans un cas de coeur pulmonaire chronique, le cathétère put pénétrer dans l'Artère Pulmonaire. La pression moyenne y passa de 28 à 77 centimètres d'eau au cours du test. Mais il faut spécifier qu'au cours de ces expériences, les sujets examinés ne pouvaient que rarement tenir le test plus de 20 à 30 secondes, la dénivellation du mercure n'atteignant guère que 30 millimètres.

- R. et H. FABRE, expérimentant sur 3 sujets normaux, ont également trouvé une augmentation des pressions auriculaires droites, ces pressions étant supérieures aux pressions intrathoraciques développées par la manoeuvre de FLACK.

  Dans l'observation citée, ils avaient trouvé une pression auriculaire droite moyenne de 2I,5 centimètres de mercure pour une pression intrathoracique de I5 centimètres de mercure.

- Enfin, on a pu observer qu'il existait une certaine corrélation entre les chiffres d'hyperpression intracavitaire droite trouvés par cathétérisme, leur temps de retour à la normale après la fin du test, et la durée de la persistance des ondes P_2 à la fin de l'épreuve.

  Ceci constitue encore un argument en faveur de l'hyperpression intracavitaire droite, cause de la présence des ondes P_2. CELICE, PLAS et leurs collaborateurs ont publié le tableau suivant qui résume bien les

conclusions de leurs recherches :

Catégories	axe électrique de Q R S	Pression ventriculaire droite moyenne en cm d'eau	Durée des anomalies de P_2 après la fin du test
Sujets normaux (9)	42°	-	0
Bronchopneumopathies chroniques pures bien tolérées (6)	+ 74°	I2	4,4
Bronchopneumopathies chroniques pures mal tolérées (5)	+ I00°	28	I5,7
Bronchopneumopathies chroniques associées à une maladie du coeur gauche (4)	+ 28°	22	7

3) L'Hyperpression expiratoire retentit également sur le coeur gauche. Cette dernière conséquence a été tout particulièrement étudiée au cours des derniers mois sous les directives de Monsieur le Professeur CHAILLEY-BERT et de Monsieur le Docteur PLAS.

En effet, jusqu'à ces dernières années, on croyait fermement que l'hyperpression thoracique développée au cours de l'épreuve provoquait un écrasement des troncs veineux à la base du thorax. D'où, diminution progressive du débit cardiaque qui

allait s'affaiblissant jusqu'à ce que le coeur batte à vide.

- Dès I850, WEBER avait attiré l'attention sur les conséquences cardio-vasculaires de l'expiration forcée bloquée. Il avait montré, sur lui-même et sur d'autres sujets, qu'au cours d'efforts intenses d'expiration forcée bloquée, le pouls devient rapidement petit et finit par disparaître. Il en avait conclu que l'hyperpression intra-thoracique, par son importance, bloquait le sang à l'entrée du thorax et qu'une fois le sang contenu dans le thorax expulsé par les premières systoles, le coeur battait à vide.
- L'expérimentation faite ultérieurement sur l'homme et sur l'animal par MAREY, de I863 à I88I, François FRANCK (I879), HALLION et COMTE (I896) paraissait confirmer entièrement l'opinion de WEBER.
- Pourtant, en I879, Paul BERT se demandait déjà s'il était bien vrai que "pendant le phénomène de l'effort, le sang veineux n'arrive pas dans le coeur". Mais il n'avait pas pu résoudre la question de façon convaincante.
- En I92I, TIGERSTEDT montre, sur des clichés radiographiques, que le coeur diminue de volume au cours de l'expiration forcée bloquée, expliquant qu'il diminue de volume jusqu'au moment où il est complètement vide.

- En I938, FABRE et LIARD estiment que la diminution de volume du coeur est d'environ 30 % pour un effort d'intensité maximale. (En I952, FABRE estime cette diminution à I0 % au cours du test de FLACK). - En I942, LIAN, LE BOZEC et MARCHAL retrouvent les mêmes résultats - BROUET les confirme en I95I.

Ces résultats radiographiques venaient donc renforcer la constatation de la diminution du pouls et il semblait évident que le coeur ne recevait plus le sang veineux au cours de l'effort.

- Mais, depuis qu'on a constaté l'existence d'une hypertension au cours du test de FLACK, cette théorie n'est plus admise. Comme le remarquent R. et H. FABRE, si l'écrasement veineux était complet, il se produirait rapidement une ischémie cérébrale engendrant un état lipothymique. Ces auteurs admettent cependant l'écrasement veineux à la base du thorax, mais pensent que la pression abdominale est nettement supérieure à la pression thoracique; ils en déduisent que le retour du sang au coeur se produit par la veine cave inférieure. Ils ont, en effet, mesuré, à l'aide d'une sonde de CHATEL-GUYON, la pression intra-rectale de 3 sujets et l'ont comparée à la pression intra-buccale. Leurs résultats, toujours concordants, leur montraient une pression intra-rectale nettement supérieure à la pression intra-buccale. Dans un cas : 56 millimètres de mercure pour une pression intra-buccale de 36 millimètres de mercure.

- WARNER et HAMBLY, se servant de ballonnets intra-oesophagiens et intra-abdominaux, reliés à des manomètres à eau, trouvaient des résultats analogues.
- MILLS, par contre, étudiant à l'aide d'un manomètre optique sans inertie avec enregistrement photographique, la valeur des pressions intra-abdominales et intra-thoraciques au cours du test de FLACK, aboutit à des conclusions tout à fait différentes.

  Il les trouve, en effet, sensiblement égales, la pression intra-abdominale à peine supérieure à la pression intra-thoracique, mais toutes deux inférieures à 40 millimètres de mercure. Et il estime que la pression intra-thoracique est bien trop faible pour gêner le retour du sang veineux.
- Le Professeur CHAILLEY-BERT et le Docteur PLAS cherchant, eux aussi, à préciser ce que devient la pression intra-abdominale au cours du test de FLACK, se sont servis d'un rectoscope métallique qu'ils avaient relié à un tube de FLACK. Ils supprimaient ainsi le rôle possible du sphincter annal sur la sonde en gomme de CHATEL-GUYON. Ayant expérimenté de cette façon sur 3 sujets, ils ont trouvé chaque fois, pour des pressions intra-buccales de 40 millimètres de mercure, des pressions intra-rectales de 20 à 25 millimètres de mercure. Mais très fréquemment, la muqueuse rectale venait recouvrir la lumière du rectoscope rendant l'expérience difficile à interpréter.

  Ils ont alors profité de deux péritonéoscopies

pour prendre la pression intra-abdominale tout en faisant réaliser un test de FLACK aux malades. Et les deux fois, la pression intra-péritonéale était à 40 millimètres de mercure, comme la pression intra-buccale.

Ils admettent donc l'égalité des pressions intra-thoraciques et intra-abdominales.

A la lumière de ces faits, comment essayer d'interpréter la physiologie du test de FLACK ?

Tout d'abord, nous savons que le test de FLACK ne réalise pas une apnée banale, mais une apnée en inspiration forcée et ceci nous a été prouvé par les dosages d'oxygène dans le sang. D'autre part, nous savons également qu'à cette apnée en inspiration forcée s'ajoute une hyperpression expiratoire, ce deuxième fait ayant été, lui aussi, démontré.

Mais il faut expliquer le retour du sang veineux au coeur malgré l'hyperpression thoracique. Il nous semble qu'on peut admettre que celle-ci réalise, sur la circulation pulmonaire, un barrage suffisant pour qu'apparaissent une hausse des pressions intra-cavitaires droites et un ralentissement de la vitesse circulatoire.

L'hyperpression auriculaire droite provoque alors le réflexe de BAINBRIDGE qui déclenche une accélération du rythme cardiaque et la poussée hypertensive. En outre, l'augmentation du taux de gaz carbonique dans le sang agit vraisemblablement sur le centre vaso-constricteur bulbaire, contribuant à maintenir et à renforcer

l'hypertension. Celle-ci permet le retour d'une masse sanguine suffisamment importante au coeur. Retour possible puisque les pressions intra-abdominale et intra-thoracique sont égales, les viscères abdominaux constituant un réservoir suffisant même si le sang veineux du territoire cave supérieur ne peut plus refluer.

Mais alors, pourquoi cette diminution globale de l'ombre radiologique du coeur lors du test, et pourquoi la disparition du pouls, cependant que la tension artérielle s'élève ?

La diminution de l'ombre cardiaque semble facile à expliquer : en effet, il règne habituellement une pression négative dans le médiastin, et le coeur peut y distendre ses cavités qui, en outre, ne se vident pas complètement. L'hyperpression thoracique que crée le test de FLACK comprime le coeur et diminue son volume. Mais celui-ci continue à battre normalement, ainsi que nous le prouve l'électrocardiogramme. Et ses contractions énergiques, que nous montre l'écran radioscopique, le vident vraisemblablement complètement à chaque systole, compensant la diminution du volume de ses cavités.

Quant à l'affaiblissement du pouls, H. FABRE a montré dans sa thèse, en l'enregistrant à l'aide d'une manchette sphygmométrique, qu'il provenait de ce qu'on l'enregistrait au cours du test avec la même contrepression qu'au repos, alors qu'il y aurait "un déplacement du niveau tensionnel d'exploration vers la queue de la zône des oscillations inframinimales".

QUELQUES DONNEES PRATIQUES

Le test de FLACK est donc employé essentiellement dans 3 cas:

1°) en Médecine Sportive

Ce test, n'étant pas fatigant, peut se pratiquer la veille ou le jour même de la compétition.

Il contribue largement:

- au dépistage des inaptitudes définitives au sport,
- au dépistage des inaptitudes temporaires, permettant la recherche et le traitement de leur cause
- au maintien de la "forme" par la surveillance de l'entraînement et le dépistage des premiers signes de fatigue
- au classement des sujets selon leur valeur athlétique et à la recherche des sujets exceptionnels, aptes aux grandes compétitions.

2°) en Médecine Aéronautique

Le test de FLACK fait partie de la série des test qui viennent compléter les examens cliniques, biologiques, radiologiques et électroradiologiques imposés au personnel navigant.

3°) en Médecine Militaire

Le test de FLACK a été rajouté aux épreuves - Martinet, indice de résistance cardiaque de Ruffier-Dickson et step-test - adoptées par l'armée.

....

Mais ces tests ne sont appliqués qu'au contrôle des entraînements spéciaux ou poussés: stagiaires des écoles d'E.P.M., parachutistes, bataillons de choc.

Pourquoi ce test a-t-il connu un pareil succès ?

C'est un test simple, rapide, qui ne fatigue pas le sujet, et qui nécessite un matériel réduit.

De plus, c'est, jusqu'à présent, la seule épreuve d'effort interrogeant le sujet au cours même de l'effort.

Enfin, il possède les trois qualités essentielles à un bon test.

1) il est sensible: l'analyse des 3 facteurs
   - durée de tenue du test
   - courbe du pouls
   - temps du retour à la normale de l'onde P_2

   permet, en effet, d'obtenir une gamme étendue de réponses et cependant assez facile à interpréter.

2) Il est fidèle: on a pu vérifier que les mêmes sujets donnaient le même jour la même réponse à plusieurs tests de FLACK.

   Il est bien évident que si l'on pratique le test à des époques différentes, la réponse varie en fonction de la forme du sujet.

3) Il semble valable: le pronostic porté, grâce au test, pour les aptitudes au vol des aviateurs est presque

....

toujours excellent. Chez les sportifs on a pu, ainsi, prévoir des performances ou des échecs, la veille des championnats.

Mais il est bien évident que l'interprétation doit en varier selon les catégories de sujets auxquelles on s'adresse.

On ne saurait exiger par exemple de femmes ou d'enfants qu'ils maintiennent une dénivellation de 40 millimètres de mercure.

Les médecins de l'Institut National des Sports ont en effet établi une relation entre la force expiratoire du sujet et la hauteur de la dénivellation de mercure à lui imposer pour pratiquer le test dans des conditions optima. Ils ont trouvé que la dénivellation devait valoir environ la moitié de la force expiratoire. Mais il semble gênant de varier la valeur de cette dénivellation pour chaque individu, car l'interprétation des résultats deviendrait beaucoup plus complexe.

Aussi, a-t-on admis, en général, de réserver les 40 millimètres de dénivellation aux adultes normaux, et de ne demander que 30 mm aux femmes et 20 aux enfants. Il en est de même pour les cardiaques, les broncho-pulmonaires chroniques ou les futurs opérés soumis au test.

Dans ces conditions:

- On admet qu'il ne faut pas être trop strict sur la durée du test. En principe, il faut obtenir que le sujet le tienne au moins 35 ou 40 secondes.

....

Cependant, à Bordeaux, le Professeur FABRE et ses élèves se basent essentiellement sur la durée de tenue du test pour tirer leurs conclusions. Mais ils font maintenir aux sujets examinés une dénivellation de la colonne de mercure égale au tiers de leur force expiratoire maxima, qu'ils mesurent toujours au préalable.

- que les sujets présentant des courbes du pouls des types I, II et V sont en parfaite forme physique et aptes à supporter n'importe quel effort.
- tandis que les sujets du type III sont fatigués et doivent subir un réentraînement progressif et surveillé, pour obtenir une amélioration de leur réponse à l'effort.
- et que les sujets du type IV sont inaptes, au moins passagèrement, à tout effort physique.
- enfin, que les sujets dont l'onde P_2 ne revient pas à la normale dans un délai de 4 à 5 secondes, après la fin du test, doivent être surveillés au point de vue cardiaque et broncho-pulmonaire.

....

CONCLUSIONS

1°) Le test de FLACK est une épreuve cardiaque fonctionnelle d'effort qui interroge le sujet au cours même de l'effort

2°) Il réalise une apnée en inspiration forcée avec hyperpression expiratoire, sans anoxémie.

3°) Ces conditions expliquent:
- l'accélération cardiaque,
- l'augmentation tensionnelle
- et l'apparition des ondes P_2 d'hyperpression intracavitaire droite.

4°) C'est un test d'application facile, dont l'étude clinique renseigne sur la "forme" du sujet, l'étude électrocardiographique permettant d'apprécier l'état de son coeur droit.

....

V U

et permis d'imprimer

le Recteur

de l'Académie de Paris

Jean SARRAILH

V U

le Doyen

BINET

V U

le Président de la thèse

CHAILLEY-BERT

BIBLIOGRAPHIE

1.- AIR FORCE REPORT .... (Aéro Médical laboratory - 1947)

2.- AIR MINISTRY ..... The medical examination for fitness for flying (Air Publication 130 - London).

3.- AMERICAN JOURNAL AVIATION (1947 - 18 - 73)

4.- ARNOZAN ..... Etude expérimentale sur les actes mécaniques du vomissement (Th. med. Paris 1879).

5.- BERT PAUL ..... (1879 C.R. soc. de Biol. p. 154

6.- BEST et TAYLOR ..... The physiological basis of medical practice (p. 413).

7.- BINET L. et ROGER ... Traité de Physiologie normale et pathologique (Masson - tomes 5 et 6)

8.- BLOOMFIELD, LAUSON, COURNAND an coll. (Journ. of. clin. Invest. 1946, 25, 639.)

9.- CHAILLEY-BERT P. .... Sports, Education Physique, réactions sur l'appareil circulatoire (Baillère)

10.- CHAILLEY-BERT P. MERKLEN, FABRE et coll. Aptitudes aux sports et contrôle médical.

11.- CELICE, PLAS, HIMBERT, GUERRE et OGER - 1952 (Presse Médicale n° 48 p. 1037) Le test d'hyperpression expiratoire contrôlée chez les sujets normaux et les pulmonaires chroniques.

....

12.- DELANE R. ..... Communications aux Journées Médicales Internationales de Médecine sportive Turin 1951 "Stress, adaptation et exercice musculaire".

13.- DOUTREBENTE M. ..... L'endurance test dans l'appréciation de la résistance des futurs opérés (Presse médicale 1950, 58 n° 17)

14.- ENCAUSSE Ph. ..... Sport et Santé (Am. Legrand Edit.)

15.- FABRE R. 1950 ..... (Journ. de Physiologie p. 588)

16.- FABRE R. et FABRE H. 1950 (Journ. de Physiologie p. 645)

17.- FABRE et ROUGIER ... 1952 (Journ. de Physiologie p. 655)

18.- FABRE et ROUGIER ... Précis de physiologie médicale

19.- FABRE H. ..... L'effort et ses répercussions circulatoires (Thèse Med. Bordeaux - 1953).

20.- FENN, OTIS, RAHN et coll. Studies in Respiratory physiology (U S Air Force Publication).

21.- FLACK M. ..... Some simple tests of physical efficiency (Lancet 1919 1 p. 210)

22.- FLACK M. ..... (British. Med. Journ. London 1923)

23.- FLACK et BURTON .... (Journ. of Physiology - London 1922)

24.- François FRANCK 1879 (C.R. Soc. Biol. p. 152)

....

25.- FULTON J. 1949 ..... Article "Circulation pulmonaire" par Hamilton W. (Textbook of Physiology - Philadelphie - Saunders Edit. 1er volume).

26.- GUILLAUME ..... Application d'une épreuve de sélection des aviateurs au contrôle médical sportif (Thèse Med. Nancy- 1946)

27.- GOLBERG H. ELISBERG E. KATZ L. 1952 Circulation U.S.A. p. 38.

28.- GRANDPIERRE R. ..... Le step-test (Médecine Aéronautique 1947 n° 6)

29.- GRANDPIERRE R. FRANCK Cl. LEMAIRE R. et VIOLETTE F. 1952 20ème réunion de l'assoc. des physiol. de langue française -Strasbourg (J. de physiologie p. 250).

30.- HALLION et COMTE 1896 (C.R. Soc. de Biol. p. 903)

31.- HELLER ..... Influence de l'effort sur les cavités droites des sujets normaux et pathologiques (Thèse Méd. Paris 1950).

32.- HERMANN H. ..... Article "Coeur" in Traité de Physiologie - tome 6 (Masson édit. Paris 1932).

33.- HERMANN H. ..... Physiologie de la circulation du sang (3ème édition - Camugli - Lyon - 1951)

34.- JAVELAUD ..... Endurance-test: ses applications pratiques (Thèse Méd. Paris 1950).

.....

35.- LALESQUE F. ..... Etudes critiques et expérimentales sur la circulation pulmonaire (Thèse Med. Paris - 1881).

36.- LANGLOIS J. et RICHET Ch. 1891 (Ann. de Physiologie p. 1)

37.- LIAN C. MARCHAL M. LE BOZEC R. 1942 (Arch. mal. coeur p. 121).

38.- MATHIEU ..... Médecine, Education physique et sports (tome 2 - n° 3 - p. 4).

39.- MAREY E. 1863 ..... Physiologie médicale de la circulation du sang (Delahaye édit. Paris).

40.- MILLS J.N. ..... (Journ. of Phys. London 1949 - 110 p. 213).

41.- MILLS J.N. ..... The prescures developped in abdomen and thorax during the Flack tests (Journ. of Phys. London - 1950 -111 p. 368).

42.- OTIS, RAHN, CHADWICK, FEMN - (Am. Journ. of Phys. 1946 - p. 161).

43.- PLAS F. BOURDINAUD et MISSENARD A. - Le test de Flack Epreuve d'aptitude cardio-respiratoire (Presse Médicale 1950 - n°17 p. 285).

44.- RILEY et coll. ..... (Am. Journ. of Phys. 1948 - p. 152-172).

45.- RICHARD ..... L'épreuve cardio-vasculaire de Martinet dans la fatigue sportive (Ed. du bureau Méd. de la div. générale de l'E.P.S.)

....

46.- SARNOFF J. HARDENBERG E. et WHITTENBERGER J.
(Am. Journ. of physiol. 1948 p. 316)

47.- SCHILLER, EMERSON et coll. (Am. Journ. of physiol. 1942 p. 137

48.- WARNER and HAMBLY - (Guy Hospital Report 1925 - Cité par Mills).

[illegible]